

高等学校における統計教育での実験研究に関する学習の特徴

—ニュージーランドの教材の分析を中心に—

古賀 竣也

筑波大学大学院人間総合科学研究科, 日本学術振興会特別研究員

shunya-k@klis.tsukuba.ac.jp

本研究では, ニュージーランドの高等学校段階における実験研究を扱う単元の教材を分析し, その学習の特徴を明らかにした. 結果として, これらの教材では, PPDAC サイクルを扱いながら, 適切な実験研究の計画とその計画の評価が重視されており, 様々な文脈に実験研究の手続きを対応させるような構成になっていることが特徴として明らかになった.

1. 研究の背景と目的

学校教育における統計教育で育成することが望ましい能力として, 相関と因果を区別したり因果の仮説を検討したりすることが挙げられる. このような能力を育成していく上で, 実験研究の方法を知り実際に実験研究を実施するような活動は有効であると考えられる. 他方, 近年メディアで薬の有効性などの情報が報道されているが, 情報の消費者としてそれらを適切に解釈するためには, 実験研究についての知識が不可欠であろう.

以上のことを踏まえると, 統計教育において実験研究の内容を扱うことが望ましいと考えられる. しかし, どのような内容を扱い, どのように授業を展開していけばよいのか, その特徴については十分に検討されていない. そこで本研究では, 高等学校段階における実験研究に関する学習の特徴を明らかにし, 実験研究の学習が近年の統計教育の課題にどのように寄与できるのかを検討する.

2. 研究の方法

本研究の目的を達成するために, 先進的な統計教育を実施しているニュージーランドの教材の内容を分析し, そこでどのように実験研究に関する内容を扱っているのかを検討する. 本研究では, ニュージーランドの高等学校 3 年次に相当する段階(Year 13)で, 実験デザインの原理を踏まえて実験研究を実施することを主な目的としている単元

“Conduct an experiment to investigate a situation using experimental design principles”^①に着目する.

この単元に関する教材 2 冊(Pearson 社の“Sigma Statistics”と Nulake 社の“Nulake IAS 3.11 Statistical Experiments”)を分析の対象として, 教材の構成や扱われている内容の特徴について検討する.

3. 結果と考察

3.1 教材の構成

まず, 両教材とも最終的な学習活動には, 調査の計画を立て実験を実施し報告書を作成することが位置付けられていた. そして, この活動に取り組むために, 教材の最初の部分で, Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusion の 5 つの段階からなる PPDAC サイクル^②の概要が説明されていた. このサイクルの概要に触れ, 実験研究における各段階の詳細な説明が記載されていた.

まず, 解決する問題を設定する Problem の段階では, 実験研究の目的を明確にすることが主な目的として位置付けられている. そして, いくつかの正確に定義された変数を挙げ, ある変数が別の変数によってどのように変化するのかといった関係性を示すことを求めている. この段階では, 具体的な目的の例が挙げられているが, そもそもなぜそのような実験をするのかといった問題の発見に関する事項は示されていない. つまり学習者の興味から生じる問い(Question)をもとに, 実験研究の目的が設定されるような構成となっている.

データを収集する方法について検討する Plan の段階では, 実験デザインの設計について記載されている. ここでは, フィッシャーの三原則等が紹介されており, Problem で設定した変数以外の変数が目的変数に影響を与えないようにする方法として, Randomization や Local Control について解説している. この段階では, 目的変数に影響を与える可能性がある, 説明変数以外の要因として Nuisance variables を検討することが重視され, それらが与える影響をどのようにして減らすのかを検討する必要性が示されている. 実際に Pearson 社の教材では, 「自分の実験を妨げる可能性のある要因を考慮することに時間を費やすこと」と示されている.

データを収集して分析する Data と Analysis の

段階では、データの分析方法として平均値の比較における信頼区間の導出方法や統計的に有意とは何かについての解説が扱われていた。また、ソフトウェアを用いたデータの分析方法も扱っていた。

最後の **Conclusion** の段階では、実験研究の報告書を作成することが求められている。報告書には、実験の方法や得られたデータの分析方法、実験デザインの評価などを含めることが示されている。また、結果が予想(仮説)と異なった場合は、何がその結果を引き起こしたのかを説明することも求められている。例えば Pearson 社の教材では、最終的な報告書に含める項目を挙げているが、最後の項目に「実験研究のデザインの評価と議論」を挙げている。実験デザインの評価については、否定的な批判(デザインの弱点や課題)を述べ、実験を繰り返すとしたら、何を变えるのかコメントすること、潜在的なバイアスや **Nuisance variable** の可能性について検討することも含まれている。さらに Nulake 社の教材においては、「結論の部分には、自身の結論を支持したり反対したりするような更なる研究の詳細を含める必要がある」ということが示されている。そのため、単に分析方法や結果の解釈だけでなく、それらを踏まえて、実験デザインをどのように改善していくのかを生徒に考えさせるような構成になっている。この実験デザインの改善といった観点を踏まえて、**Conclusion** から **Problem** の段階への移行を図っていると言える。

以上の教材の構成を踏まえると、この単元では実験研究を実施することが主な目的であるが、**Plan** や **Conclusion** の段階での学習を通して、実験研究のデザインの計画および評価も重視されていることが明らかになった。

3.2 統計的知識と文脈の統合

本教材では、**Plan**, **Data**, **Conclusion** の段階において、演習問題が設定されている。**Plan** と **Conclusion** の段階に着目すると、**Plan** の段階では、生徒の成績と朝食を食べる頻度や、温度とクレソンの種子の発芽など様々なシナリオが設定され、そのような状況においてどのように実験群と統制群を分けデータを収集するのかを検討させるような、実験研究のデザインを計画する問題が出題されていた。そして、**Conclusion** の段階に関する演習問題では、異なる 2 社のメーカーが開発した歯磨き粉のホワイトニング効果や、あるシャンプーが髪の強さに与える影響などに関する実験研究の報告書が掲載されており、その報告書を読んで実施された実験研究のデザインの改善点(2 群の分け方やデータの収集方法等)を検討する問題が出題されていた。

本研究で扱った教材を用いることで、学習者は実験研究の手続きを知るだけでなく、幅広い文脈にそれを対応させることができるようになった上で、実験研究に取り組むことが想定される。つまり、様々な文脈に対応した実験研究の計画を立てることができるようになり、その技能を自身の問いにも適応して実験研究を実施することができるように教材が構成されている。統計的思考の枠組みにおいては、PPDAC サイクルに、様々な要素が関わっていることが示されている。そして、その中の一つに、統計的知識と文脈的知識の統合があり、**Problem** の段階における問いの生成や、**Plan** の段階におけるデータ収集のための計画においては、両者が絶えず関わっているとされる²⁾。本教材においては、まず実験研究の方法論といった統計的知識を習得させ、その後演習問題を通して、それが様々な文脈に対して適応できるような構成になっている。つまり、PPDAC サイクルに関連して統計的知識と文脈的知識の統合といった統計的思考の理論的な枠組みが、教材に反映されていると考えられる。

4. まとめ

本研究で扱った教材では、実験研究の計画とその評価が重視されていること、様々な文脈に実験研究の手続きを対応させることを学習者に意識させることが特徴として明らかになった。

近年の統計教育の課題として、**Analysis** や **Conclusion** の段階に焦点化されていることや、生徒にとって様々な文脈的情報を用いてデータや統計情報を解釈するのが困難であることが挙げられる。これらの課題に対応する一つの方法として、実験研究の学習が考えられる。だが、実際にこの学習を扱うことで学習者が様々な文脈を統合しながら統計的問題解決に取り組んだり、統計情報を適切に解釈できるようになったりすることができるのかどうかは、今後検討しなければならない。

参考文献

- (1) New Zealand Qualifications Authority: *Achievement Standard 2019 – Mathematics and Statistics 3.11* (2019).
- (2) Wild, C. J. & Pfannkuch, M.: Statistical thinking in empirical enquiry, *International Statistical Review*, 67, 3, pp.223-265 (1999).

付記

本研究は、日本学術振興会特別研究員奨励費(課題番号: JP19J20055)の助成を受けて行われた。